

표면 침투제에 따른 콘크리트의 염화물 침투와 동결융해 저항성 평가

Evaluation on Resistance of Chloride Attack and Freezing and Thawing of Concrete with Surface Penetration Sealer

김 명 유* 양 은 익** 노 병 철*** 김 정 훈****
Kim, Myung Yu Yang, Eun Ik Lho, Byeong Cheol Kim, Jeong Hoon

ABSTRACT

Concrete has a void, which exists as one of defect in concrete. If the porosity of concrete increases, durability of concrete decreases. In this paper, to improve surface void of concrete, surface penetration sealers are applied to specimen. And it were investigated that the resistances of chloride penetration and freezing and thawing for concrete with surface penetration sealer of two types.

According to the results, surface penetration sealer has not show a harmful influence on strength and resistance of freezing and thawing. Also, B type surface penetration sealer was more superior in resistance of chloride penetration.

1. 서론

콘크리트는 일반적으로 공극구조를 가진 재료로써, 공극은 콘크리트의 결함으로써 존재할 수 있다. 콘크리트 내부에 존재하는 공극율이 높아지면 투기 및 투수계수, 염화물 확산계수가 증가하며, 콘크리트의 내구성을 저하시킨다. 이러한 이유로 콘크리트의 내부 공극을 밀실하게 하기 위하여 플라이 애쉬나 실리카흄과 같은 혼화재의 혼입, 폴리머의 사용 등을 통하여 내부공극을 채움으로 인하여 내구성 향상에 대한 연구가 많이 수행되어왔다. 아울러 외부 열화 환경에 접하는 콘크리트 표면 공극을 개선하기 위하여 방수제 도포와 같은 연구가 있어왔다.

본 연구에서는 콘크리트 표면 공극을 개선하기 위하여 유·무기계, 무기계 2가지 타입의 표면 침투제를 사용하여 공극을 변화시킴으로써 염화물 침투에 대한 저항성을 살펴보았다. 또한, 표면 공극의 변화가 콘크리트의 동결융해 저항성에 미치는 영향에 대하여 연구하고자 하였다.

2. 실험 개요

2.1 사용 재료 및 배합

본 실험에서 시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합한 S사의 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 굵은 골재는 임곡리 부근의 최대 골재 치수 25mm 쇄석골재를 사용하였으며, 잔골재는 연곡 하천의 자연사로 실험하였다.

* 강릉대학교 토목공학과 박사과정
** 강릉대학교 토목공학과 부교수

*** 상지대학교 건설시스템공학과 부교수
**** 상지대학교 건설시스템공학과 겸임교수

실험에 사용된 골재의 물리적 특성은 Table. 1과 같다. 또한, 본 연구에서는 두 종류의 강도(21, 38.5MPa)를 가지는 콘크리트 시험체를 제작하여 실험하였으며, Slump는 10±2cm, 공기량은 5±1%를 목표로 AE제와 SP제를 사용하여 배합하였다.

Table 1 Physical properties of aggregate

Item Type	Specific Gravity	Absorption (%)	F.M.
Sand	2.63	0.87	2.95
Gravel	2.74	0.62	6.53

Table 2 Mix proportions of concrete

specimen	w/c (%)	S/a (%)	Unit Weight(kg/m ³)				
			C	W	S	G	B
21MPa	50	45	280	178	779	960	70
38.5MPa	45	44	305	169	739	1012	76

2.2 표면 침투제의 물성과 메커니즘

사용된 표면침투제는 무기계 1종과 유·무기계 1종이며 기본 물성은 Table 3과 같다. 표면 침투제의 메커니즘은 실리케이트 성분이 콘크리트에 침투하여 수화물인 수산화칼슘(Ca(OH)₂)과 반응하여 C-S-H 겔을 형성하며, 침투하는 물을 흡수하여 팽창함에 의해 방수효과를 발휘한다. 침투된 실리케이트의 결합에 의해 공극이 밀실해지면서 수밀성 확보하게 되는 원리이다.

Table 3 Properties of surface penetration sealer

Type	Main Component	Color	viscosity (cp)	Surface tension (dyne/cm)	solven t
B (organic+inorganic)	R ₂ O Type (Silicate+Sodium Alginate+Solution Polymer)	Blue	4.13	38	Water
D (inorganic)	Silicate	Colorlessness	3.72	26	Alcohol

2.3 실험 변수

본 연구에서는 크게 침투제에 따른 염화물 침투 저항성과 동결융해 저항성에 대하여 알아보고자 실험이 수행되었다. Table 4는 본 연구에서의 실험 변수를 나타낸다. 염화물 침투 저항성은 전기적인 촉진 실험(CTH)과 침지 실험을 통하여 염화물 침투 깊이와 확산계수를 통하여 평가하고, 동결융해 저항성 실험은 중량변화와 동탄성계수의 측정을 통하여 평가하였다. 침지 실험과 촉진 실험을 통하여 변색법에 의한 염화물 침투 깊이를 측정하여 확산계수를 구하고, 표면으로부터의 거리에 따른 농도프로파일을 얻음으로써 염화물 확산계수를 결정하였다.

Table 4 Test variables

Item	Detail	Content
Chloride penetration resistance	Immersion test	Surface penetration sealer type (N, B, D)
	CTH test	
Freezing-thawing resistance	Weight change	Strength level (21, 38.5 MPa)
	Dynamic modulus of elasticity	

2.4 실험 방법

1) 표면 침투제 적용방법

유무기계 2종류의 표면 침투제 적용 방법은 시험체를 표면 침투제에 1시간 동안 완전히 침지시킨다.

침지가 끝나면 5일간 기중에서 자연건조 시킨 후, 3일간 수중 양생하여 표면 침투제를 적용시켜 실험하였다.

2) 염화물 확산 침투 실험 방법

염화물 침투 실험은 침지 실험과 전기적 촉진 실험을 통하여 이루어졌는데, 침지 실험의 경우 NordTest NTBuild 443에 따라 농도차에 의한 콘크리트의 미세공극을 통하여 염화물이 확산하도록 하는 실험 방법이다. 확산 촉진 실험은 Tang & Nilsson이 제안한 비정상 상태의 확산실험 장치를 통하여 실험하였다.

3) 동결융해 실험방법

동결 융해 시험법에는 수중 동결 융해의 A법과 공기 중 동결, 수중 융해의 B법의 2종류로 동시에 1일 6-8회 동결 융해를 반복하는 급속법이다. 본 연구에서는 B법의 기중동결 수중 융해법을 사용하였으며, 30사이클마다 동탄성계수와 중량변화를 300사이클까지 측정하였다.

Table 5 Freezing and thawing test details

Test method		Minimum temperature	Maximum temperature	Time needed to freeze (process per 1cycle)	Time required to 1 cycle
B method	Freezing in air & thawing in water	18±2℃	4±2℃	above 20%	4 hour

3. 실험 결과 및 분석

3.1 경화 콘크리트의 역학적 특성

경화된 콘크리트의 압축강도의 결과를 살펴보면, 두 강도수준 모두 표면처리와 무처리 콘크리트의 강도는 5% 내외 정도로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 38.5MPa 콘크리트의 경우, 목표한 강도보다 적게 나타난 것은 플라이 애쉬의 혼입으로 인한 초기 강도 발현이 적은데서 기인한 것으로 판단된다.

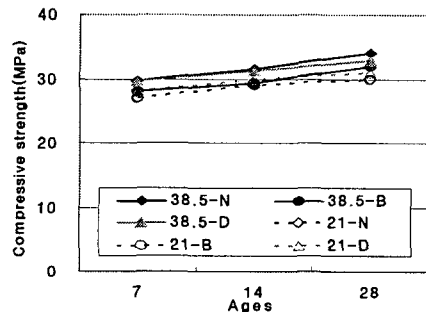


Fig.1 Compressive strength

3.2 동결융해 저항성 결과

본 연구에서는 표면 침투제와 강도수준에 따른 동결융해 저항성을 비교하고자 30cycle마다 중량과 동탄성계수를 측정함으로써 시간에 따른 두 측정값의 변화율을 비교 검토하였다. Fig. 4는 21MPa와 38.5MPa 두 종류의 표면처리를 하지 않은 시험체와 B type과 D type으로 표면 공극을 변화시킨 시험체의 동결융해 실험을 통한 중량 변화의 결과를 나타낸다. 결과를 살펴보면, 중량 변화율에 있어서 21MPa의 시험체가 원진배합(38.5MPa)에 비해 중량 변화가 큰 것으로 나타났다. 그러나, 표면 침투제의 종류에 따라서는 두 강도 수준 모두 거의 차이가 없음을 보였다. Fig. 5는 중량 변화와 함께 측정된 동탄성계수의 변화율을 나타내는데, 표면 침투제에 상관없이 38.5MPa의 경우는 대략 8% 감소하였으며, 21MPa는 약 11%의 감소를 보였다.

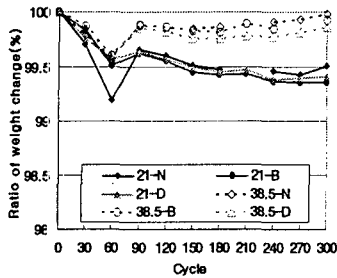


Fig.2 Weight change

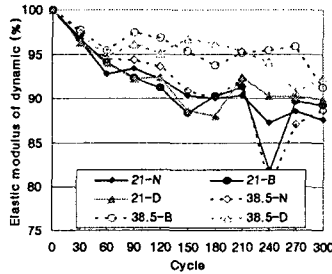


Fig.3 Dynamic modulus of elastic

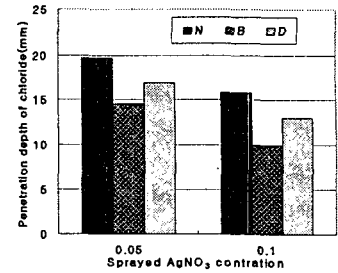


Fig.4 Penetration depth of chloride(21MPa)

3.3 염화물 침투 저항성

본 연구에서는 확산계수를 통하여 침투제의 염화에 대한 저항성을 조사하기 위하여 여러 방법 중 대표적인 침지 실험과 촉진실험(CTH)을 비교 실험 하였다. Fig.4는 해수 침지 3개월 후의 변색법에 의해 측정된 침투 깊이 결과를 나타낸다. 결과를 살펴보면, B type의 표면처리제가 염화물 침투를 억제하는데 있어 가장 좋은 성능을 가지는 것으로 평가되었다. 또한 D type의 경우도 무처리한 경우(N)에 비해 어느 정도 염화물의 침투를 억제하는 성능을 가지고 있는 것으로 판단된다. Fig.5는 6~8개월 침지한 시험체의 깊이별 염화물량 결과이며, Fig. 6~7은 촉진실험에 의한 확산계수와 침지실험에 의한 확산계수(Da-침투깊이, Dc-농도프로파일)를 나타낸다. 침투 깊이 결과와 동일하게 CTH와 침지 실험 모두 표면 침투제 B 타입이 염화물 확산을 가장 저감하는 것으로 나타났다. 또한 단기 촉진 실험의 경우가 확산계수를 가장 크게 평가하였다.

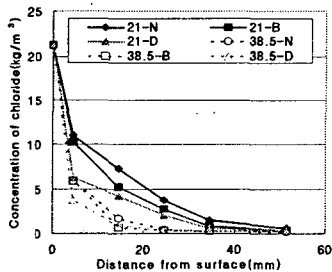


Fig.5 Concentration profile

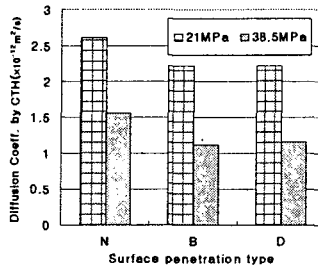


Fig.6 Diffusion coefficient(CTH)

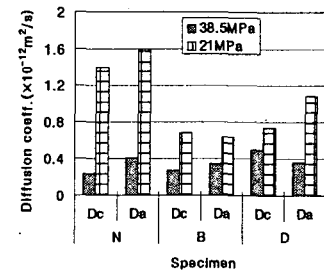


Fig.7 Diffusion coefficient(Da,Dc)

4. 결론

위의 연구 결과를 토대로 다음과 같은 몇 가지 결론을 내릴 수 있다.

- 1) 표면 침투제의 적용은 콘크리트의 강도와 동결 융해 저항성에 악영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.
- 2) 표면 공극 개선을 위해 사용된 표면 침투제는 염화물 침투에 대해 우수한 성능을 가지는데, 특히 유·무기계를 혼합하여 만들어진 침투제(B type)가 좋은 저항성을 보였다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부 전력산업 연구개발 사업의 지원을 받아 수행되었으며 관계제위께 감사드립니다.

참고 문헌

1. 양은익 "콘크리트 물성 및 시험법에 따른 콘크리트 염화물 확산", 한국콘크리트학회 논문집 제 16권 3호, 2004